Das magnetische Feld im physikalischen Laboratorium und die erdmagnetischen Constanten von Strassburg.

INAUGURAL-DISSERTATION

der

mathematischen und naturwissenschaftlichen Fakultät

der

KAISER-WILHELMS-UNIVERSITÄT STRASSBURG

zur

ERLANGUNG DER DOCTORWÜRDE

vorgelegt von

HUGO HEINRICH BROGAN

aus Nord-Amerika.

ACAD. LUGD. BAT. BIBL.

STRASSBURG
Universitäts-Buchdruckerei von J. H. Ed. Heitz
(Heitz & Mündel)
1892.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41542727_0127

Die Aufgabe der nachfolgenden Untersuchungen, welche ich auf Veranlassung des Herrn Professor Dr. F. Kohlrausch angestellt habe, ist eine doppelte: erstens festzustellen, inwiefern der eisenfreie Teil des physikalischen Instituts zu Strassburg für magnetische Beobachtungen geeignet ist, zweitens die Werte der magnetischen Constanten für Strassburg zu bestimmen. Ich beginne mit den magnetischen Verhältnissen des Instituts, da eine vorläufige Kenntnis dieser Verhältnisse für die Besprechung der magnetischen Constanten wünschenswert ist.

Die bei der Untersuchung der magnetischen Verhältnisse benutzten Apparate.

Zur Bestimmung der Veränderungen der Horizontalintensität des Erdmagnetismus an den verschiedenen Punkten bediente ich mich des einfachen Kohlrausch'schen Lokalvariometers mit Bussole und Ablenkungsmagnet,[1] sowie auch des empfindlicheren Instruments mit Coconaufhängung und vier Ablenkungsstäben.[2] Das einfache Instrument giebt die lokalen Veränderungen bis auf etwa ein Tausendstel der ganzen Horizontalintensität an. Ich hatte zwei von diesen Instrumenten zur Verfügung, die ich unterscheiden will mit den Bezeichnungen

---

[1] F. Kohlrausch, Wied. Ann. 29, p. 47. 1886.
[2] F. Kohlrausch, Wied. Ann. 19, p. 130. 1883.

I und II. Die Anschläge an diesen beiden Instrumenten waren so gestellt, dass der Ablenkungswinkel φ des Magnetstabes bei allen Beobachtungen gleich 29,9° war. Den Reduktionsfaktor, d. h. die Aenderung der Horizontalintensität auf 1° in Teilen ihres Gesammtbetrages berechnet man einfach aus der Formel für den Gebrauch des Instruments:

$$\frac{H'-H}{H} = 0{,}0087 \text{ tg } \varphi . \delta .$$

Hier bedeuten H' und H die Horizontalintensitäten an den zu vergleichenden Punkten, φ ist gleich 29,9° und δ der in Graden ausgedrückte Unterschied der Einstellungsunterschiede der Nadel für die betreffenden Punkte. Der Reduktionsfaktor ist also 0,0087 tg 29,9° = 0,005. Die Beobachtungen erfordern noch eine Correktion wegen des mit der Temperatur veränderlichen Magnetismus des Ablenkungsstabes. Zur Bestimmung des Temperaturcoefficienten des Magnetstabes von I wurde ein Petroleumbad benutzt. Das Variometer tauchte ins Bad bis auf etwa 5 cm über den Ablenkungsstab, das Petroleum wurde viermal erwärmt und abgekühlt und das Instrument bei den verschiedenen Temperaturen abgelesen, während ein Zeit-Variometer gleichzeitig beobachtet wurde. Daraus ergaben sich 16 Werte für den Temperaturcoefficienten von I, deren Mittel gleich 0,00055 war. Der Temperaturcoefficient von Instrument II wurde im kalten und geheizten Zimmer bestimmt, wobei auch die zeitlichen Veränderungen berücksichtigt wurden. Das Mittel von drei Bestimmungen für den Temperaturcoefficienten von II war 0,00071.

Das Variometer mit vier Ablenkungsstäben zeigt, wenn sorgfältig benutzt, die lokalen Veränderungen bis auf $^1/_{10000}$ des Ganzen an. Ich habe zwei von diesen Instrumenten gebraucht, eines als Standinstrument für die zeitlichen Ver-

änderungen, das andere für die lokalen Veränderungen. Die Formel für den Gebrauch dieser Instrumente lautet:

$$\frac{H'-H}{H} = \frac{tg\ \varphi}{4\ A}\ (n'-n)$$

A ist der Abstand der Scala vom Spiegel in Scalenteilen n', n sind die Einstellungsunterschiede an den zu vergleichenden Punkten.

Der Faktor $\frac{tg\ \varphi}{4\ A}$ wird den Scalenwert darstellen, d. h. die Aenderung von H auf einen Scalenteil in Teilen von H. Für das Lokalvariometer war $\varphi = 27{,}1^0$, A = 515 also dieser Wert bei allen Bestimmungen 0,000249. Da das zeitliche Variometer nur in einer Einstellung beobachtet wurde, war der Scalenwert für dieses Instrument etwa doppelt so gross; er veränderte sich ein wenig, je nach der Stärke der Horizontalintensität an dem Aufstellungsorte. Die Temperaturcoefficienten der beiden Instrumente wurden nach der schon erwähnten Methode im kalten und geheizten Zimmer bestimmt. Für das Lokalvariometer wurde als Mittel aus drei Bestimmungen der Temperaturcoefficient 0,00078 gefunden, in derselben Weise für das Standinstrument 0,00090.

Die Isodynamen in dem eisenfreien Teile des physikalischen Instituts.

Eisenfrei ist der nördliche Teil des Westflügels, 13,5 m lang und 11,5 m breit. Im Erdgeschosse, wie auch im ersten Stock sind vier Zimmer eisenfrei, während das fünfte Zimmer im Erdgeschosse nur zur Hälfte eisenfrei ist. An den verschiedenen Punkten dieser und der angrenzenden Zimmer im Erdgeschosse und im ersten Stock habe ich etwa 130 Bestimmungen der Aenderungen der erdmagnetischen Horizontalintensität ausgeführt. Als Beispiel für die Auf-

nahme und Berechnung der Beobachtungen möge die folgende kleine Tabelle dienen, welche die Resultate an einigen Punkten in Zimmer Nr. 21 giebt. Die erste Spalte enthält die Coordinaten der Punkte; bei allen Punkten bedeutet immer x den Abstand in Centimetern von der Westwand des betreffenden Zimmers, y den Abstand von der Nordwand. P ist der Punkt in Zimmer Nr. 23, wo die absolute Bestimmung der Horizontalintensität gemacht worden ist (vgl. später). Derselbe hat die Coordinaten x = 168, y = 186 cm. Mit diesem Punkt sind alle anderen Punkte verglichen worden. Alle Punkte lagen 109 cm über dem Fussboden. Die Beobachtungen sind mit dem Variometer mit vier Ablenkungsstäben angestellt, die positive Ablesung entspricht der Lage des Magnetrahmens, bei welcher eine Zunahme der Scaleneinstellung eine Vermehrung der Intensität bedeutet.

Punkt Nr. 21 x	y	Positive Ablesung	Negative Ablesung	$10\,000\frac{\Delta H}{H}$ (Uncorrigiert)	Temperatur	Temperatur-Correction	Zeit-Variometer	Temperatur	Correction wegen zeitlicher Veränderungen	$10000\frac{\Delta H}{H}$ Corrigiert	Dasselbe reduciert auf den Punkt P
P		105.3	95.7	23.9	18°.4	— 3.1	99.0	18°.0	0.0	20.8	
50	500	121.2	79.7	103.3	18°.0	0.0	98.8	18°.0	+ 1.0	104.3	+ 83
200	500	122.0	79.2	106.6	18°.05	— 0.4	98.6	18°.0	+ 2.1	108.3	+ 87
50	650	128.7	72.3	140.4	18°.1	— 0.8	98.15	18°.0	+ 4.4	144.0	+122
200	650	129.8	71.0	146.4	18°.1	— 0.8	98.2	18°.0	+ 4.2	149.8	+128
P		104.8	96.1	21.7	18°.45	— 3.5	98.15	18°.0	+ 4.4	22.6	

Die positive Ablesung minus der negativen Ablesung, multipliciert mit dem Scalenwert 0,000249 ergiebt $\frac{\Delta H}{H}$, d. h. die relative Aenderung der Horizontalintensität. Dieser Wert muss noch wegen der Temperatur und der zeitlichen Schwankungen der Intensität corrigiert werden. Die Correction wegen Temperatur, berechnet mit dem Temperaturcoefficienten 0,00078, reduciert die Resultate auf die gemeinsame Temperatur 18°. Um die Correction wegen der zeitlichen

Veränderungen zu finden, brauchen wir hier nur den Scalenwert 0,00052 von dem Zeitvariometer, da seine Temperatur während der Versuche sich nicht verändert hat. In der vorletzten Spalte sind beide Correctionen berücksichtigt worden, und in der letzten Spalte sind die Resultate auf den Punkt P reduciert, indem man das Mittel aus den zwei Werten für P von den übrigen Zahlen in der vorletzten Spalte subtrahiert. Die Horizontalintensität in allen vier gegebenen Punkten ist stärker als die in P.

Auf dieselbe Weise sind die Resultate in den folgenden Tabellen gefunden worden. Wo die Aenderungen der Intensität bedeutend waren, benutzte ich das einfache Variometer; dabei habe ich nur in grösseren Intervallen das zeitliche Variometer abgelesen. Die Hauptschwierigkeit bei dem Gebrauch der Instrumente liegt in den Temperaturschwankungen. Die Temperatur wurde mittelst eines anbefestigten Thermometers beobachtet, und wenn ein grösserer Temperaturunterschied an den zu vergleichenden Punkten vorhanden war, habe ich hinreichend lange nach der Aufstellung des Instruments gewartet, ehe ich die entscheidende Beobachtung machte. Die bei dem Instrument beschäftigte Hand war mit einem Handschuh bekleidet und berührte dasselbe so wenig wie möglich. Bewegliche Eisenteile wurden vor der Beobachtung aus der Nähe entfernt, wie auch zwei eiserne Oefen, die im ersten Stock über Zimmer 20 und 22 sich befanden. Die für die Aufstellung der Instrumente benutzten Stative waren eisenfrei. Tabelle I enthält die mittelst des Variometers mit vier Ablenkungsstäben, Tabelle II die mittelst des einfachen Instruments gewonnenen Resultate, als Ueberschüsse der Horizontalintensität über diejenige an dem früher erwähnten Punkt P in Zimmer Nr. 23.

TABELLE I.

Bestimmungen mit dem vierstäbigen Variometer.

ERDGESCHOSS.

Zimmer Nr. 20			Zimmer Nr. 21			Zimmer Nr. 22			Zimmer Nr. 23		
Punkt		$10^4 \frac{\Delta H}{H}$	Punkt		$10^4 \frac{\Delta H}{H}$	Punkt		$10^4 \frac{\Delta H}{H}$	Punkt		$10^4 \frac{\Delta H}{H}$
x	y		x	y		x	y		x	y	
cm	cm		cm	cm		cm	cm		cm	cm	
100	45	182	50	50	26	67	50	0	50	50	— 17
100	195	282	50	200	43	67	190	14	50	200	7
250	45	210	50	350	61	67	330	32	50	350	24
250	195	294	50	500	83	85	470	57	50	500	42
400	45	205	50	650	122	90	610	88	50	650	78
400	195	289	200	50	20	217	50	0	200	50	— 16
			200	200	38	217	190	11	200	200	— 1
			200	350	55	217	330	29	200	350	11
			200	500	87	217	470	61	200	500	27
			200	650	128	217	610	80	200	650	49
			350	50	23	367	50	2	350	50	— 16
			350	200	31	367	190	8	350	200	— 8
			350	350	51	353	330	14	350	350	4
			323	500	80	367	470	50	350	500	13
			350	650	139	341	586	65	350	650	29

I. STOCK.

Zimmer Nr. 32			Zimmer Nr. 33		
100	100	— 58	52	50	— 75
100	250	— 108	52	225	— 42
100	400	— 36	52	400	— 65
100	550	— 19	52	575	— 34
300	100	— 59	227	50	— 105
300	250	— 39	227	225	— 84
300	400	— 22	227	400	— 58
300	550	— 2	227	575	— 38
200	640	11	402	50	18
			402	225	— 14
			402	400	6
			402	575	— 104

TABELLE II.

Bestimmungen mit dem einfachen Variometer.

ERDGESCHOSS						I. STOCK					
Zimmer Nr. 19			Zimmer Nr. 24			Zimmer Nr. 34			Zimmer Nr. 31		
Punkt		$10^4 \frac{\Delta H}{H}$	Punkt		$10^4 \frac{\Delta H}{H}$	Punkt		$10^4 \frac{\Delta H}{H}$	Punkt		$10^4 \frac{\Delta H}{H}$
x	y		x	y		x	y		x	y	
cm	cm		cm	cm		cm	cm		cm	cm	
100	100	428	100	100	176	82	23	3	50	100	— 122
100	500	— 44	100	300	207	60	200	— 27	50	300	— 133
100	700	415	100	500	282	77	350	— 19	250	100	10
100	900	— 305	100	700	— 330	60	500	— 71	250	300	172
300	100	102	250	100	111	60	650	— 105	450	100	— 10
300	300	372	250	300	138	200	100	67	450	300	23
300	500	365	250	500	102	200	300	— 53			
300	700	346	250	700	— 2268	200	500	— 79			
300	900	— 89	400	100	69	200	650	— 83			
500	100	469	400	300	118	350	50	— 12			
500	300	571	400	500	171	350	200	— 91			
500	500	736	400	700	131	350	350	— 86			
500	700	sehr stark	250	623	— 483	350	500	— 114			
500	900	66	250	567	— 46	350	650	— 105			
400	700	801	175	600	51						
			100	600	439						
			325	600	— 99						
Im Gang			400	600	101						
			175	500	173						
93	77	150									
357	73	157	Zimmer Nr. 20								
Mitte	282	256									
Mitte	656	458	400	345	386						
			250	345	397						
			100	345	691						

In der Tafel habe ich nach diesen Tabellen die Isodynamen für den eisenfreien Teil des Erdgeschosses gezogen, und zwar auf jedes Tausendstel, so lange die Veränderungen nicht zu gross waren, auf jedes fünfte Tausendstel, wo die Aenderungen bedeutender waren. Eisenfrei sind die Zimmer Nr. 20, 21, 22, 23 und die Hälfte von 24. Wegen der

grossen Störungen, die in Zimmer Nr. 19 und 24 stattfinden, genügt die Zahl der Beobachtungen daselbst nicht, um die Isodynamen vollständig zu bestimmen. Deshalb habe ich in Zimmer Nr. 19 nur die Werte für die verschiedenen Punkte eingesetzt und in Zimmer Nr. 24 nur einige Isodynamen angedeutet. Die Gestalt der Isodynamen in den anderen Zimmern ist bemerkenswert. Ihre Krümung ist nirgendwo stark, sie laufeu ziemlich regelmässig und ähnlich, und wenn wir von Nordosten nach Südwesten zu fortschreiten, nimmt die Horizontalintensität immer und zwar beschleunigt zu, so dass die Linien in dieser Richtung zusammengedrängt werden. Dies alles deutet an, dass die Ursache der Störung nach Südwesten zu, aber nicht nahe liegt; denn im letzteren Falle hätten wir starke Krümmungen und Verdichtungen der Linien in der Nähe des störenden Körpers. Ausserdem war kein eiserner Körper in der Nähe, der eine so ausgedehnte Störung hervorbringen konnte. Nach meiner Ansicht kann es nicht zweifelhaft sein, dass die Störung von den grossen Eisenmassen herkommt, welche vorn in dem Kellergeschoss des Westflügels liegen und aus dem Dampfkessel und einem Luftcalorifer bestehen. Die Eisenmassen sind zusammen wohl auf 12000 kg. zu schätzen. Wenn wir annehmen dass man den Einfluss dieser grossen Eisenmassen durch die Wirkung eines grossen in der Verticalebene des magnetischen Meridians liegenden Magnets ersetzen kann, so kann man auch annähernd den Abstand des Störungscentrums berechnen. Macht man die grobe Annäherung, als Quelle der Störungen einen in derselben Höhe im Meridian liegenden Magnet anzusehen, so brauchen wir nur die Horizontalcomponente eines solchen Magnets zu berücksichtigen. Die von einem solchen Magnet herrührenden Isodynamen müssen den magnetischen Meridian, in welchem der Magnet liegt, senkrecht kreuzen, und die Senkrechten zu den Isodynamen am Südende von Zimmer 21 werden annähernd durch

den Mittelpunkt des angenommenen Magnets gehen, da wir dort nicht sehr weit von dem betreffenden magnetischen Meridian entfernt sind. In diesem Orte aber hat man nach der Tafel einen durchschnittlichen Abstand von etwa 26 cm zwischen zwei Linien, die sich um ein Tausendstel H unterscheiden. Da die Wirkung eines Magnets sich proportional der dritten Potenz des Abstandes vermindert, so ergiebt sich die folgende Gleichung wenn x den Abstand des Mittelpunktes des angenommenen Magnets darstellt:

$$\left(\frac{x}{x + 26}\right)^3 = \frac{27}{28}.$$

Das Verhältnis 27/28 folgt hier aus der bei der Bestimmung der absoluten Horizontalintensität für Strassburg gefundenen Thatsache, dass H in dem Südende von Zimmer 21 acht und zwanzig Tausendstel mehr beträgt als der Fall sein würde, wenn keine Störung vorhanden wäre (vgl. später). Hieraus berechnet man $x = 21$ Meter. In Wirklichkeit liegt der Dampfkessel 24 m weit, das Calorifer 19 m weit entfernt. Es ist interessant zu berechnen, bei welchem Abstand x diese Störung noch einen Einfluss von 0,001 H ausüben kann. x findet sich aus der Gleichung

$$\left(\frac{21}{x}\right)^3 = \frac{1}{28}, \quad \text{oder } x = 64 \text{ Meter.}$$

Die magnetischen Veränderungen unten im Kellergeschoss des Westflügels bestätigen auch die grosse von den eisernen Massen der Heizapparate ausgeübte Wirkung. Ich habe dort diese Veränderungen von einem Ende des Ganges bis zum anderen verfolgt. Von dem Nordende daselbst in der Richtung nach Süden zu findet man eine allmählige Zunahme der Intensität wie im Erdgeschoss. Unter dem in der Tafel als M markierten Punkte beträgt diese Zunahme $^1/_{10}$ der ganzen Intensität. Hierauf folgt eine plötzliche Abnahme

innerhalb 2 Meter. Diese Abnahme bleibt ziemlich constant bis ans Ende des Ganges, und selbst in einem Punkte, der nördlich von dem Dampfkessel und nahe daran liegt, findet nur eine leichte Zunahme statt. Es scheint demnach, dass die Wirkung des Dampfkessels im Vergleich zu der des Calorifers klein ist. Schliesslich südlich von dem Calorifer findet eine Zunahme von 5 Prozent statt, und in dem Zimmer über dem Calorifer im Erdgeschoss eine Abnahme von 9 Prozent.

Aus diesen Untersuchungen ersieht man, dass Zimmer für magnetische Arbeiten von grösseren eisernen Massen auch aus sehr beträchtlichen Entfernungen noch störend beeinflusst werden können. Selbst in dem Abstand von 64 m von unserem Störungscentrum aus ergab sich noch ein Einfluss von 0,001 H. Wenn auch der Verlauf der Isodynamen in den eisenfreien Zimmern im Erdgeschoss ziemlich gleichmässig ist, können doch Heizung oder Erschütterungen beträchtliche Aenderungen in den magnetischen Verhältnissen hervorrufen, die für magnetische Beobachtungen sehr unbequem sein können; und ich glaube, dass man kaum ein Zimmer als bequem für feine magnetische Beobachtungen betrachten kann, in welchem eine Aenderung der Horizontalintensität von anderthalb Prozent stattfindet, wie dies selbst im Zimmer Nr. 23 der Fall ist.

Das in der Tafel dargestellte magnetische Feld zeigt zwei starke Abweichungen, nämlich im Südende von Zimmer Nr. 20 und 24. Die Störung in Zimmer Nr. 20 rührt von einer verticalen eisernen Gasröhre her, die an der Nordwand von Zimmer Nr. 19 in der Mitte sich befindet, die Störung in Zimmer Nr. 24 kommt von einer Wasserleitungsröhre, welche in der Wand selbst sich befindet; die sehr starke magnetische Wirkung, die diese Röhre ausübt, ist bemerkens wert. Ferner scheinen zwei leichte Störungen in den NO Ecken der Zimmer Nr. 21 und 22 stattzufinden.

Im ersten Stockwerk ist das Feld viel unregelmässiger, teilweise wohl im Zusammenhang mit eisernen Gegenständen, die sich im zweiten Stockwerk befinden. Jedenfalls sind die Zimmer hier für magnetische Beobachtungen kaum geeignet.

Der Einfluss zweier Oefen.

Wie schon erwähnt, wurden zwei eiserne Oefen, die sich im ersten Stock befanden, entfernt, ehe ich die vorigen Bestimmungen machte. Ein etwa 150 kg schwerer Ofen stand über dem Zimmer Nr. 22 mit den Coordinaten $x = 55$, $y = 370$ cm; ein anderer von etwa 50 kg über Nr. 20 mit $x = 460$, $y = 40$ cm. Die Beobachtungen wurden mittelst des Variometers mit vier Ablenkungsstäben gemacht.

Zimmer Nr. 21			Zimmer Nr. 22			Zimmer Nr. 23		
Punkt x	Punkt y	$10^4 \frac{\Delta H}{H}$	Punkt x	Punkt y	$10^4 \frac{\Delta H}{H}$	Punkt x	Punkt y	$10^4 \frac{\Delta H}{H}$
50	50	40	67	50	20	100	25	— 22
50	200	54	67	330	40	50	215	8
50	350	75	91	496	61	50	395	30
50	500	107	93	568	70	50	575	61
50	650	137	217	50	14	200	25	— 21
200	50	36	217	190	15	200	215	3
200	200	53	217	330	18	200	395	15
200	350	73	217	470	32	200	575	41
200	500	116	217	610	68	300	25	— 20
200	650	144	367	50	8	350	215	— 8
350	50	43	367	190	8	350	395	5
350	200	51	367	330	11	350	575	33
350	350	67	367	470	35			
350	500	123	367	610	55			
350	650	170						

Man sieht, dass der Einfluss der Oefen kleiner ist als man erwarten würde. Die leichte Störung in der Nordostecke von Zimmer Nr. 21 mag teilweise von einem nicht rechtzeitig be-

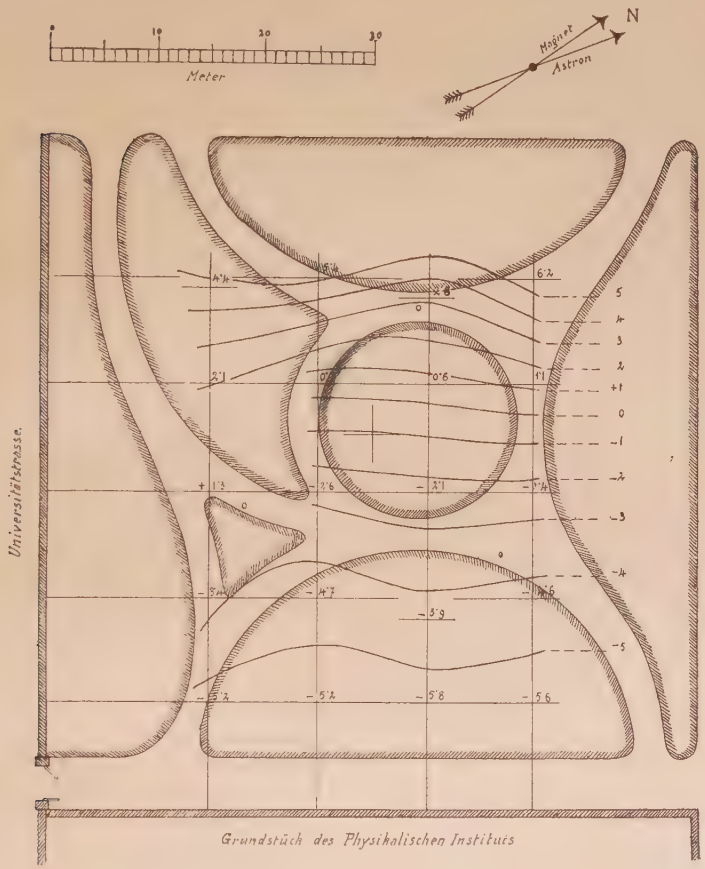
merkten langen eisernen Stativ herrühren, dass sich im Kellergeschoss unter dem in der Tafel mit F markierten Punkte befand.

Die Isodynamen auf dem quadratischen freien Platz westlich von dem Institut.

Bei den später zu beschreibenden Messungen der magnetischen Deklination ergab sich ein Unterschied von etwa 47′ zwischen der Bestimmung im Gebäude und der im Centrum des freien Platzes. Die zwei Oefen im ersten Stock verursachten 15′ von diesem Unterschied, wie wir aus der Aenderung der Deklination fanden, als jene entfernt wurden. Es blieb immer noch ein Unterschied von etwa 32′ übrig. Um zu sehen, ob irgend ein Teil von dieser Abweichung von einem lokalen Einfluss im Freien herrührte, habe ich den Platz magnetisch ausgemessen, was um so mehr angezeigt war, als der Platz für ein späteres magnetisches Observatorium bestimmt ist. Das hierbei angewandte Instrument war das einfache Variometer. Die in der Tabelle angegebenen Zahlen beziehen sich auf den Mittelpunkt des Platzes in welchem die Horizontalintensität um 0,00022 H schwächer ist, als die im Punkt P. x bedeutet den Abstand in Metern von dem südlichen eisernen Gitter der Anlage, y von der östlichen Mauer. Die Unterschiede sind in Tausendsteln gegeben.

x = 15		25		35		45 m	
y	$10^3 \frac{\Delta H}{H}$	y	$10^3 \frac{\Delta H}{H}$	y	$10^3 \frac{\Delta H}{H}$	y	$10^3 \frac{\Delta H}{H}$
10 m	−5.2	10 m	−5.2	10 m	−5.8	10 m	−5.6
20	−3.4	20	−4.7	18	−3.9	20	−4.6
30	+1.3	30	−2.6	30	−2.1	30	−2.4
40	+2.1	40	+0.3	40	+0.6	40	+1.1
49	+4.4	50	+5.4	48	+2.8	50	+6.2

Die Figur stellt die auf jedes Tausendstel nach dieser Tabelle gezogenen Isodynamen dar.



Man sieht dass die Aenderungen der Horizontalintensität unregelmässig und beträchtlich sind. Eine Zunahme derselben um 1 Prozent ist in der Richtung der y Axe innerhalb eines Abstandes von 40 m sichtbar. Die Störungen rühren teilweise her von eisernen Röhren, welche im Platz gelegt worden sind und die natürlich beseitigt werden müssten, wenn der Platz für ein magnetisches Observatorium benutzt werden soll.

Die magnetischen Constanten für Strassburg.

I. Die Horizontalintensität.

Zur Bestimmung der erdmagnetischen Horizontalintensität wurde die Methode von F. Kohlrausch mittelst bifilarer Aufhängung angewandt.[1] Die Vorteile dieses Verfahrens bestehen in der grossen Einfachheit desselben, besonders in der Vermeidung der umständlichen Zeit- und Trägheitsmoments-Messungen, und in der Schnelligkeit, mit welcher eine Bestimmung ausgeführt werden kann, so dass die Beobachtung der Temperaturschwankungen und ihres Einflusses auf den Magnet, sowie der Intensitätsveränderungen nicht erforderlich ist.

Das absolute bifilare Magnetometer besteht wesentlich aus einer bifilaren Aufhängung mit einem Magnet, den man umlegen kann. Als Aufhängedrähte dienten 0.08 mm dicke hartgezogene Messingdrähte. Ich habe die Drähte zuerst oben befestigt, und nachdem die Torsion mittelst angehängter Gewichte beseitigt war, hing ich den Bifilarkörper an. Der Stiel des unteren Querstabes wurde zunächst durch ein Senkel vertical gemacht und dann wurde mittelst des kleinen Laufgewichtes an dem unteren Querstab den Drähten gleiche Spannung gegeben (l. c. p. 754). Der Lage des Beobachtungsraumes wegen musste ich aus der ersten Hauptlage beobachten

Die bifilare Directionskraft.

Für eine vollständige Behandlung der bifilaren Aufhängung muss ich auf die schon citierte Abhandlung von F. Kohlrausch verweisen. Der dort gefundene voll-

[1] F. Kohlrausch, Wied. Ann. 17, p. 737. 1882.

ständige Ausdruck für die bifilare Directionskraft D ist (l. c. p. 750).

$$D = g\,m\,\frac{e_1\,e_2}{4\,l} + \frac{2\,\pi\,\rho^4\,E\,g}{3\,l}$$

Hier bedeutet g die Schwerbeschleunigung, m die Masse des Bifilarkörpers, die halbe Masse der Aufhängedrähte einbegriffen, e_1 den oberen, e_2 den unteren Fadenabstand. l ist die wegen der Steifheit corrigierte mittlere Fadenlänge, d. h. von der wirklichen Fadenlänge ist die Länge $\rho^2 \sqrt{\frac{2\,\pi\,E}{m}}$ abgezogen. ρ bedeutet den Halbmesser und E den Elasticitätsmodul der Drähte, welcher für Messing gleich 90. 10^7 Gr-Gew./qcm ist. Das zweite Glied von D stellt das von der Torsion der Drähte herrührende Drehungsmoment dar.

Abstände.

Ausser der Abmessung der bifilaren Aufhängung verlangt diese Methode nur die Messung des Abstandes des Magnetometers vom Bifilarapparat und der Ablenkungswinkel an beiden Apparaten. Das unifilare Magnetometer bestand aus einem 2 mm dicken gegen den Spiegel drehbaren Stahlring, welcher einen äussern Durchmesser von 2.2 cm hatte, sowie aus einem dicken Kupferdämpfer. Zur Aufstellung des Magnetometers dienten zwei eisenfreie in geeignetem Abstand und Höhe gestellte Stative im Osten und Westen. Ein 2 m langer dicht hinter der Aufstellungslinie der Instrumente aufgestellter Massstab gestattete den Abstand des Magnetometers von dem Bifilarapparat zu messen. Die Ablesung dieses Abstandes geschah mittelst des Fernrohrs, das zur Beobachtung des Magnetometers diente.

Wenn die Scalenabstände des Bifilarspiegels und Magnetometerspiegels nahezu gleich sind, brauchen wir nur ihren Unter-

schied genau zu messen, da bloss das Verhältnis dieser Abstände in der Rechnung vorkommt. Um diesen Vorteil zu gewinnen, müssen wir an der nämlichen über 2 m langen geradlinigen Scale die Messung der Ablenkungswinkel ausführen. Eine solche Scale wurde hergestellt, indem man drei kleinere Scalen auf eine $5^1/_2$ cm dicke quadratische Holzstange schraubte. Auf den vorhin erwähnten Massstab, welcher dicht hinter den Instrumenten liegt, wurden drei kleine Millimeterstäbchen quer aufgeschraubt. Die Spiegel der Instrumente wurden auf diese Stäbchen bezogen, und mittelst eines gespannten Fadens, welcher parallel mit der Ablesescale lief, konnte man leicht bestimmen, wie weit der Bifilarspiegel vor der Verbindungslinie der beiden Stellungen des Magnetometercocons liegt.

Berechnung des bifilarmagnetischen Verfahrens.

Wir werden zuerst die Wechselwirkung zwischen zwei schräggestellten Magneten betrachten. Wie bekannt, ist der Ausdruck für das von einem festen auf einen drehbaren Magnet ausgeübte Drehungsmoment eine Reihe, welche nach den ungeraden Potenzen des Abstandes zwischen den Mittelpunkten der zwei Magnete absteigt und deren Anfangsglied die negative dritte Potenz ist. Die Coefficienten der einzelnen Glieder sind Functionen der Magnetlängen und der Winkel, welche die Magnete mit der ihre Mittelpunkte verbindenden Linie einschliessen. Das dritte und die höheren Glieder dieser Reihe sind verschwindend klein und können bei dem hier vorkommenden Abstande der Magnete vernachlässigt werden. In diesem Fall giebt selbst das zweite Glied nur eine kleine Correction für das Drehungsmoment. Um diese Correction näher zu untersuchen, habe ich die zwei ersten Glieder vollständig ausgerechnet und zwar für den speciellen Fall, dass die Verbindungslinie der Mittelpunkte senkrecht

gegen den Meridian steht, d. h. für die erste Hauptlage. Da die Rechnung zu lang ist, um sie hier durchzuführen, so muss ich mich damit begnügen, nur das Resultat zu geben. Man findet die Methode der Rechnung in Wüllner's Lehrbuch der Physik,[1] allerdings ist dort nur das erste Glied ausgerechnet worden. Es sei α die Ablenkung des Bifilarmagnetometers, φ die gleichzeitige Ablenkung des Magnetometers, L' der halbe Polabstand des Bifilarmagnets und M dessen Magnetismus, l' der halbe Polabstand der Magnetometernadel und m deren Magnetismus, schliesslich a der Abstand zwischen den Mittelpunkten der zwei Magnete, dann erleidet die Nadel ein Drehungsmoment von dem Bifilarmagnet:

$$D' = -\frac{Mm}{a^3}\left(2\cos\alpha\cos\varphi + \sin\alpha\sin\varphi\right)$$

$$\left[1 + \frac{1}{a^2}\left(5\,L'^2\cos^2\alpha + 15\,l'^2\sin^2\varphi - 3\,(L'^2 + l'^2)\right.\right.$$

$$\left.\left. + \frac{\sin\alpha\sin\varphi\,(5\,L'^2\cos^2\alpha + 15\,l'^2\sin^2\varphi + 3\,L'^2 - 27\,l'^2)}{4\cos\alpha\cos\varphi + 2\sin\alpha\sin\varphi}\right)\right]$$

Wenn α und φ wie bei den folgenden Versuchen nicht 3^0 übersteigen, und wenn a gleich 90 cm, L' gleich 7 cm und l' gleich 1 cm angenommen wird, was nahe der Wirklichkeit ist, so ist das Glied in der grossen Klammer, welches $\sin\alpha\sin\varphi$ enthält, kleiner als 0.000032. Das Glied $15\,l'^2\sin^2\varphi/a^2$ hat einen noch kleineren Einfluss auf das Resultat. Da eine Genauigkeit von $^1/_{1000}$ wegen der zeitlichen Schwankungen für meine Zwecke ganz genügend ist, darf ich diese beiden Glieder weglassen, sowie auch den Cosinus der kleinen Winkel α im Correctionsglied durch 1 ersetzen. Der vereinfachte Ausdruck lautet:

$$D' = \frac{M\,m}{a^3}(2\cos\alpha\cos\varphi + \sin\alpha\sin\varphi)\left(1 + \frac{2\,L'^2 - 3\,l'}{a^2}\right)$$

[1] 4te Auflage, Bd. IV, p. 91. 1886.

Dieses Drehungsmoment muss gleich der Summe der von Torsion und Erdmagnetismus herrührenden Drehungsmomente sein:

$$\text{I.}\quad D' = H\, m\, (1 + \vartheta)\, \sin\varphi \quad \text{oder,} \quad \frac{H}{M} = \frac{D'}{M\, m\, (1 + \vartheta)\, \sin\varphi}$$

Hier bedeutet ϑ den Torsionscoefficienten der Nadelsuspension.

Für das Bifilarmagnetometer muss die Summe der vom Erdmagnetismus und von der Nadel ausgeübten Drehungsmomente gleich dem Drehungsmoment der bifilaren Aufhängung sein. Die Nadel wirkt aus der zweiten Hauptlage, und wegen ihrer kleinen Länge können wir die kleine Drehung der Nadel vernachlässigen, und die Formel für entfernte Wirkungen anwenden. Damit bekommen wir:

$$H\, M \cos\alpha = D \sin\alpha + \frac{M\, m}{a^3} \cos\alpha$$

oder wenn wir m durch k H ersetzen,

$$\text{II.}\qquad H\, M = \frac{D \sin}{\left(1 - \frac{k}{a^3}\right) \cos\alpha}$$

Durch Multiplication der Gleichungen I und II erhalten wir noch Vereinfachungen, indem wir D′ durch seinen Wert ersetzen, und die ganzen Magnetlängen L und l statt ihrer Halblängen L′ und l′ einführen:

$$H^2 = \frac{2\, D \sin\alpha}{a^3 (1 + \vartheta) \operatorname{tg}\varphi} (1 + \frac{1}{2} \operatorname{tg}\alpha \operatorname{tg}\varphi) \left(1 + \frac{1}{2}\, \frac{L^2}{a^2} - \frac{3}{4}\, a^2 + \frac{k}{a^3}\right)$$

Diese Formel gilt für die erste Hauptlage.[1]

[1] In der schon citirten Abhandlung p. 771 u. 772 ist statt $\frac{1}{3}\, \frac{\lambda^2}{a^2}$ zu setzen $\frac{1}{2}\, \frac{\lambda^2}{a^2}$; λ bedeutet die ganze Länge der Nadel.

Vereinfachung.

Es mögen nun bedeuten, wobei der Index für das Magnetometer gilt:

n und n′ die Scalenausschläge,
A und A′ die Scalenabstände,

Unter Vernachlässigung der vierten Potenzen von $\frac{n}{A}$ und $\frac{n'}{A'}$, können wir schreiben:

$$\sin \alpha = \frac{n}{2A}\left(1 - \frac{3}{8}\frac{n^2}{A^2}\right), \qquad \operatorname{tg} \alpha = \frac{n}{2A}\left(1 - \frac{1}{4}\frac{n^2}{A^2}\right).$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{n'}{2A'}\left(1 - \frac{1}{4}\frac{n'^2}{A'^2}\right)$$

Daraus bekommt man:

$$\frac{\sin \alpha}{\operatorname{tg} \varphi} = \frac{n\,A'}{n'\,A}\left(1 - \frac{3}{8}\frac{n^2}{A^2} + \frac{1}{4}\frac{n'^2}{A'^2}\right), \qquad \frac{1}{2}\operatorname{tg} \alpha \operatorname{tg} \varphi = \frac{n\,n'}{8AA'}$$

folglich ist, wenn A und A′ nahezu gleich sind,

$$\frac{\sin \alpha}{\operatorname{tg} \varphi}\left(1 + \frac{1}{2}\operatorname{tg} \alpha \operatorname{tg} \varphi\right) = \frac{n\,A'}{n'\,A}\left[1 - \frac{1}{A^2}\left(\frac{3n^2}{8} - \frac{n'^2}{4} - \frac{n\,n'}{8}\right)\right]$$

Dieser Ausdruck vereinfacht sich bedeutend, wenn die Scalenausschläge n und n′ nahezu gleich sind. Die rechte Seite wird dann einfach $\frac{n\,A'}{n'\,A}$.

Erdmagnetismus. Beobachtungen im Januar 1891.

Directionskraft der bifilaren Aufhängung.

Das Bifilarmagnetometer wog, wenn das Dämpferkreuz so weit wie bei den Versuchen in Wasser eintauchte, 197.448 g. Hierzu kommt als Correction das halbe Drahtgewicht 0.134 g. Das corrigierte Gewicht ist: m = 197,582 g.

Eine lange Holzlatte mit Millimeterteilungen an den Enden, welche mit dem Comparator verglichen worden war, mass die Fadenlängen. Die mittlere Fadenlänge war 300.11 cm. Die Fäden waren hartgezogene Messingdrähte, wovon ein Stück, 2 m lang, 0.0874 g wog. Folglich ist der Halbmesser $\rho = 0.004$ cm, und von der gemessenen mittleren Fadenlänge ist wegen der Steifheit abzuziehen:

$$\rho^2 \sqrt{\frac{2\,\pi\,E}{m}} = (0.004)^2 \sqrt{\frac{2\,\pi\,90.10^7}{197.6}} = 0.086 \text{ cm}$$

Also ist die corrigierte mittlere Fadenlänge l gleich 300.11 — 0.09, oder: $l = 300.02$ cm.

Der obere und untere Fadenabstand e_1 und e_2 wurden mittelst des Comparators vor der Aufhängung gemessen und stimmen mit früheren Messungen der nämlichen Abstände gut überein: es ergab sich für e_1 11.533 cm, für e_2 11.538 cm. Die Aenderungen der Abstände durch die Temperatur habe ich nicht berücksichtigt, da sie zu klein sind. Das elastische Torsionsmoment der Fäden D_2 betrug:

$$D_2 = \frac{2\,\pi}{5} \frac{(0.004)^4 \cdot 90 \cdot 10^7 \cdot 981}{300} = 1{,}0 \text{ [cm}^2 \cdot \text{g} \cdot \text{sec}^{-2}\text{]}$$

Die Schwerbeschleunigung berechnet man nach der Formel:

$$g = 980{,}616\,(1 - 0{,}0026 \cdot \cos 2\,\varphi - 0{,}000\,000\,2\,H)$$

wo für Strassburg $\varphi = 48.^{\circ}6$, $H = 150$ m zu setzen ist. Demnach ist $g = 980.91$.

Schliesslich ist die statische Direktionskraft der bifilaren Aufhängung nach den angegebenen Grössen zu berechnen aus der Formel

$$D = g\,m\,\frac{e_1\,e_2}{4\,l} + D_2\,;\ \text{also}\ D = 21490 + 1{,}0 = 21491\ \text{[cm}^2\,\text{g}\,\text{sec}^{-2}\text{]}$$

Die Ablenkungsbeobachtungen.

Das Magnetometer wurde immer so nahe an das betreffende Millimeterstäbchen gestellt, dass man die Stellung des Cocons ohne Parallaxe leicht ablesen konnte. Der Abstand des Cocons von der Ablesescala, welchen man nicht genau zu kennen braucht, war $A' = 2240$ mm. Mit der Hülfe eines Senkels und gespannten Fadens wurde ermittelt, dass die vordere Fläche des Bifilarspiegels um 5.7 mm näher an der Ablesescale stand als der Cocon des Magnetometers. Aus früheren Untersuchungen waren die optische Dicke des Bifilarspiegels 1.37 mm und der Krümmungshalbmesser 40200 mm bekannt. Der Bifilarspiegel liegt 4.4 mm von der Drehungsaxe, und folglich musste der Scalenabstand des Spiegels um $2240\frac{4.4}{40200} = 0.25$ mm vergrössert werden. Die Deckglasdicke des Bifilarkastens betrug 6.27 mm, die des Magnetometers 3 78 mm, weswegen die betreffenden Abstände um $\left(1 - \frac{1}{1.53}\right)$ von dieser Grösse zu verringern waren. Die Dicke des Magnetometerspiegels betrug 0.85 mm, und mittelst des Contactverfahrens, bei welchem eine zugespitzte gläserne Spiegelteilung in Millimetern zur Verwendung kam, wurde ermittelt, dass die vordere Fläche des Magnetometerspiegels 0.3 mm vor dem Coconfaden lag. Demnach berechnet man den genau zu ermittelnden Unterschied des Magnetometerabstandes A' und des Bifilarabstandes A:

$A' - A = 5{,}7 - 1.37 - 0.25 + 2.17 - 1.31 - 0.3 + 0.56 = 5.2$ mm. Also ist $A = 2240.0 - 5.2 = 2234.8$ mm.

Der 2 m lange Stab, welcher dazu diente, den Abstand des Magnetometers von dem Bifilar zu messen, wurde kurz vor der Bestimmung mit dem Comparator verglichen. Die Stellung des Magnetometercocons bei der Aufstellung im Osten und Westen wurde mittelst des Ablesefernrohrs, welches auf den Magnetometerspiegel senkrecht eingestellt

war, abgelesen. Es ergab sich der corrigierte Wert a = 90.008 cm. Die Länge des Bifilarmagnets war 16 cm, und als Polabstand wollen wir $^5/_6$ dieser Länge oder L = 13.3 cm setzen. Die Magnetometernadel war ein Ring von 1.8 cm innerem, 2.2 cm äusserem Durchmesser, und die reducierte Länge der Nadel l war für die erste Hauptlage gleich 0.9 × 2.2 oder 2.0 cm. Der Torsionscoefficent derselben war ϑ = 0.00055. Das Verhältnis des magnetischen Moments der Nadel zum Erdmagnetismus $\frac{M'}{H}$ oder k wurde durch Ablenkungen aus der ersten Hauptlage bestimmt. Bei einem Abstand von 10 cm war die Ablenkung 18°,3. Demnach ist k = 162 cm³.

Die folgende Tabelle enthält die am 20. Januar 1891 an beiden Instrumenten beobachteten Ablenkungen und soll als Beispiel dienen wie die weiteren Ablesungen zusammengefasst werden. Die entsprechenden Ablesungen an den beiden Instrumenten wurden so rasch wie möglich nacheinander gemacht.

Unifilar Ablesung	Mittel	2 n′	Bifilar Ablesung	Mittel	2 n
Sc. T.			Sc. T.		
132,1			439,0		
629,1	132,20	496,90	101,9	438,90	337,00
132,3	629,30	497,00	438,8	101,90	336,90
629,5	132,65	496,85	101,9	438,80	336,90
133,0	629,65	496,65	438,8	101,90	336,90
629,8	133,05	496,75	101,9	438,55	336,65
133,1			438,3		
	Mittel	496,83		Mittel	336,87
Auf richtige Millimeter reduc.		491,45	Auf richtige Millimeter reduc.		333,50

Ebenso ist jeder der folgenden Sätze berechnet worden.

	Unifilar $2\,n'$ mm	Bifilar $2\,n$ mm
20. Jan.	ost 491,45	333,50
	west 488,00	333,83
	Mittel 489,72	333,67
21. Jan.	ost 491,61	333,39
	west 487,02	333,44
	Mittel 489,32	333,42

Berechnung von H.

Nach den angegebenen Grössen berechnet man:

$$1 + \tfrac{1}{2}\frac{L^2}{a^2} - \tfrac{3}{4}\frac{l^2}{a^2} + \frac{k}{a^3} = 1{,}01077$$

$$\frac{\sin\alpha}{\operatorname{tg}\varphi}\left(1 + \tfrac{1}{2}\operatorname{tg}\varphi\operatorname{tg}\alpha\right) = \frac{n\,A'}{n'\,A}\left[1 - \frac{1}{A^2}\left(\frac{3n^2}{8} - \frac{n_2}{4} - \frac{n\,n'}{8}\right)\right]$$

$$= 1{,}00193\ \frac{n\,A'}{n'\,A}$$

und schliesslich die Horizontalintensität H aus

$$H^2 = \frac{2\ D.\ 1{,}01077.\ 1{,}00193\ \frac{n\,A'}{n'\,A}}{a^3\,(1+\vartheta)}$$

Es ergab sich für:

den 20. Januar	$H = 0{,}20186\ [cm^{-1/2}.\ g^{1/2}.\ sec^{-1}]$
den 21. Januar	$H = 0{,}20186$ » »

Eine Bestimmung am 13. Januar 1891, bei welcher $A = 2234.2$ mm, $A' = 2240.0$ mm, $a = 90.018$, $2\,n = 333.34$ mm, $2\,n' = 488.57$ waren, hatte $H = 0.20198$ ergeben. Hier sind die Ablenkungswinkel in den beiden Lagen des Magnetometers nur ein einziges Mal abgelesen worden. Aus dem Mittel dieser drei Bestimmungen erhalten wir:

$$H = 0{,}20190\ [cm^{-1/2}.\ g^{1/2}.\ sec^{-1}]$$

Dieser Wert gilt für den Punkt P in Zimmer Nr. 23 etwa am 15. Januar 1891.

Die Gauss'sche Methode.

Die Bestimmung nach dieser Methode wurde an demselben Ort am 24. März 1891 ausgeführt. Hierbei bediente ich mich des Meyerstein'schen Theodoliths, welcher nach Lamont die Abänderung des Gauss'schen Verfahrens hatte, dass der ablenkende Magnet statt normal gegen den magnetischen Meridian zu sein, stets normal gegen den schwingenden Magnet steht. Also ist bei der Rechnung nicht die Tangente, sondern der Sinus zu nehmen.

Die Schwingungsdauer des Ablenkungsstabes wurde beobachtet:

mit Belastung = 10.036 sec
ohne Belastung = 2.843 sec

Das Trägheitsmoment der cylindrischen Gewichte, berechnet mit dem Abstand von der Drehaxe 3.971 cm, mit dem Durchmesser 1.707 cm und der Gesammtmasse 49.991 g ergiebt sich zu

$$806{,}51 \text{ cm}^2 \text{ g}$$

Der Torsionscoefficient war = 0.0026.

Es berechnet sich hiermit das Trägheitsmoment des Ablenkungsstabes ohne Belastung

$$70.367 \text{ cm}^2 \text{ g}.$$

und das Produkt des Stabmagnetismus mit der erdmagnetischen Horizontalintensität

$$MH = 85.701 \; [\text{cm}^2 . \text{ g} . \text{ sec}^{-2} .]$$

Es ergab sich im Mittel für die Entfernung 32.00 cm eine Ablenkung von $7^0\,21'\,57''$; für eine Entfernung von

24.00 cm eine Ablenkung von 17° 38′ 16″. Hierdurch berechnet sich das Verhältnis

$$\frac{M}{H} = 2108.4 \ [cm^3]$$

und es ergiebt sich

$$H = 0{,}20161 \ [cm^{-1/2}. \ g^{1/2}.sec^{-1}.]$$

Die Uebereinstimmung dieses Wertes mit dem früher gefundenen ist besser, als man erwarten durfte.

Bifilarmagnetische Messungen im Juli uud August 1891.

Die frühere Aufhängung war aus Versehen abgerissen worden. Eine frische Aufhängung mit demselben Draht hatte zufällig dieselbe mittlere Länge l = 300.02 cm wie die frühere. Der Bifilarkörper wog jetzt m = 197.577 g, e_1 war = 11.533, e_2 = 11.538 cm, also die Direktionskraft D = 21490 [cm^2. g. sec^{-2}]. Die Magnetometernadel wurde auch neu aufgehängt und hatte dann den kleinen Torsionscoefficienten

$$\vartheta = 0{,}00009$$

Ablenkungsbeobachtungen.

Der genau zu ermittelnde Unterschied der Abstände A und A′ wurde nach der schon erklärten Methode gefunden. Diese Abstände waren bei den Versuchen am 25. Juli A = 2112.0 mm, A′ = 2099.13. Am 25. und 27. Juli wurde der Magnetometer-Cocon auf den Teilstrich 10, resp. 190 des dicht dahinter liegenden Massstabes eingestellt. Diese Aufstellung des Magnetometers entspricht dem Abstand a = 90.025 cm. Bei den Versuchen am 6., 7. und 8. August war a = 100.025 cm und dadurch wurde der Vorteil von nahezu gleichen Ausschlägen an beiden Instrumenten ge-

wonnen. Die folgenden Beobachtungen wurden am 25. Juli Vormittags gemacht. Unter freundlicher Beihülfe des Herrn Loomis wurden die beiden Instrumente gleichzeitig abgelesen. Jede Zahl ist das Mittel aus drei gleichzeitig gemachten Ablesungen. Auch das zeitliche Variometer ist dabei beobachtet worden.

Bifilar.	Magnetometer östlich.	Variometer bei 20°
172.23	621.07	101.71
486.93	164.00	101.0
172.23	620.37	102.3

$2n = 314.70$ Sc. T. $2n' = 456\,72$ Sc. T.
$2n = 311.55$ mm $2n' = 456.72$ mm.

	Magnetometer westlich.	
171.97	787.23	103.2
486.90	324.13	101.9
172.00	786.27	103.1

$2n = 314.92$ Sc. Th $2n' = 462.62$ Sc. Th.
$2n = 311.77$ mm. $2n' = 457.61$ mm.

Mittel $2n = 311.66$ mm. $2n' = 457.17$ mm. 102.02

Hieraus berechnet man $H = 0{,}2023$ [$cm^{-1/2}. g^{1/2}.sec^{-1}$.] Als Stand des zeitlichen Variometers bei diesem Wert von H will ich das Mittel der vorigen Ablesungen 102.02 nehmen. Es ist nur zu bemerken, dass der Bifilarmagnet einen ziemlich grossen Localeinfluss ausübt; deswegen sind zuerst die Mittelwerte bei den beiden Lagen des Magnets besonders genommen.

Der folgende Satz von Beobachtungen wurde am 25. Juli Nachmittags ausgeführt. 2 n und 2 n' bedeuten die entsprechenden Scalenausschläge, welche nach der Beschreibung auf Seite 24 berechnet werden. Die letzte Spalte enthält die gleichzeitigen Variometerablesungen.

	2 n	2 n′	Variometer bei 20°.12
			102.3
	314.80	462.45	104.1
	314.85	462 78	102.2
	314.65	462 65	103.4
	314.48	462.50	101.0
			102.4
Mittel in Sc. T.	314 70	462.60	102.56
» in mm	311.55	457.59	

Ebenso ist bei der Berechnung der folgenden Sätze verfahren worden. Dieselben ergaben:

	Unifilar 2 n′ mm	Bifilar 2 n mm	Variometer reduc. auf 20°
25. Juli ost	456.50	311.39	102.35
b west	457.59	311.55	101.38
Mittel	457.04	311.47	101.86
27. Juli ost	456 24	311.21	100.38
west	458.44	311.33	100.95
Mittel	457.34	311.27	100.66
6. August ost	332.23	311.89	102.82
west	331.93	311.82	103.13
ost	332.17	311.87	103.61
Mittel	332.06	311.85	103.17
7. August ost	331.42	311.57	102.46
west	330.59	311.60	102.58
ost	331.24	311.60	102.64
Mittel	330.96	311.59	102.57
8. August ost	331.60	311.05	100.10
a west	331.24	311.01	99.56
ost	331.52	311.10	99.91
Mittel	331.40	311.04	99.78
8. August ost	331.60	311.04	100.54
b west	330.98	311.13	100.92
Mittel	331.29	311.08	100.73

Die Abstände A und A′ sind an den verschiedenen Tagen nicht ganz dieselben geblieben, am 27. Juli waren A′ = 2111 mm A = 2098.55 mm, am 6. August A′ = 2112.5 A = 2098.73, am 7. August A′ = 2105 A = 2098.63 und am 8. August A′ = 2105 A = 2098.48. Am 25. und 27. Juli und am 6. August ist der Abstand A′ durch ein Versehen um 1 cm grösser gewesen, als beabsichtigt war; aber dies hat keinen merklichen Einfluss auf das Resultat, wovon man sich leicht überzeugen kann. Der Abstand des Magnetometers vom Bifilar war am 6., 7. und 8. August a = 100.025 cm, und $\frac{\sin \alpha}{\operatorname{tg} \varphi}(1 + \frac{1}{2}\operatorname{tg} \alpha \operatorname{tg} \varphi)$ wird dann einfach $\frac{nA'}{n'A}$.

Zusammenstellung der Resultate.

Nach den angegebenen Zahlen berechnen wir die zweite Spalte und in der letzten reducieren wir alle Beobachtungen auf den Stand 102 des Zeitvariometers bei 20°.

Datum	H in [$cm^{-1/2} . g^{1/2} . sec^{-1}$.]	
	beobachtet	Reducirt auf Var. 102.0
25 Juli a	0.2023	0.2023
25 » b	0.2022	0.2023
27 »	0.2021	0.2022
6 August	0.2023	0.2022
7 »	0.2023	0 2022
8 » a	0.2019	0.2022
8 » b	0.2020	0.2021

Mittel 0.20216

Das Mittel der Resultate an den verschiedenen Tagen wollen wir nehmen als den Wert von H im Punkt P für den 1. August 1891 H = 0.20216 [$cm^{-1/2} . g^{1/2} . sec^{-1}$.]

Wir haben nur noch eine kleine Correction anzubringen wegen der localen Veränderungen der Horizontal-

intensität zwischen dem Punkt P und den zwei Aufstellungsorten des Magnetometers. Es wurde für den östlichen 1 m von P entfernten Punkt gefunden: $\frac{\Delta H}{H} = -0.00090$ und für den westlichen Punkt $\frac{\Delta H}{H} = +0.00140$, im Mittel also $+0.00025$. Die absolute durch die Beobachtung gefundene Horizontalintensität ist demnach das Mittel zwischen der wirklichen Intensität H in P und 1.00025 H. Wir müssen daher den beobachteten Wert um 0.00012 H vermindern. Für den Abstand 90 cm ist diese Correction wesentlich dieselbe. Die corrigierten Werte für den Punkt P in Zimmer 23 lauten folgendermassen:

15. Januar 1891 $H = 0.20188$
1. August 1891 $H = 0.20214$.

Im Januar waren zwei Oefen in benachbarten Zimmern aufgestellt, deren Einfluss eine Aenderung von H um $\frac{\Delta H}{H} = -0.00066$ bewirkte. Wir corrigieren also 15. Januar 1891 auf $H = 0.20201$. Der zeitliche Zuwachs von H für $6^1/_2$ Monate beträgt 0.00014 und es bleibt übrig nur 0.00001. Mit diesem kleinen Unterschied muss man wohl zufrieden sein

Reduction von H auf einen eisenfreien Platz im Freien.

Ein solcher Platz wurde mittelst des einfachen Localvariometers[1] gefunden. An den Eckpunkten und am Mittelpunkte eines quadratischen Platzes von etwa 35 m Seitenlänge, zeigte das Instrument keine Unterschiede in der Intensität an, welche die Fehlergrenze des Instrumentes überstiegen. Dieser Platz liegt 160 m östlich von der Ruprechtsauer-Allee und 80 m südlich von dem Schiffmattweg in der Mitte eines bebauten Ackers. Der Mittelpunkt des erwähnten

[1] F. Kohlrausch, Wied. Ann. 29, p. 47. 1886.

Quadrats wurde mit Hülfe des Variometers mit vier Ablenkungsstäben an einem bedeckten Tage mit dem Punkt P verglichen. n bez. n′ waren für P, bez. den zu vergleichenden Mittelpunkt die Unterschiede der beiden Einstellungen der Nadel, wenn man den Magnetrahmen umlegte. In n und n′ sind die zeitlichen Schwankungen mittelst eines zweiten Variometers eliminiert worden:

	n	n′	Temp. beim Versuch
7. Aug. 1891	+ 14,35		20°,25
	(+ 14,42)	— 39,28	18°,65
	+ 14,5		20°,2

Die Zahl in der Klammer ist das Mittel aus dem Anfangs- und Endbeobachtungen in P und soll mit der zwischenliegenden Beobachtung n′ combiniert werden. Mit dem Temperaturcoefficienten 0.00078 und dem Reductionsfactor 0.00025 berechnet man hieraus, dass die Horizontalintensität an einem eisenfreien Ort in Strassburg um 0.0121 H schwächer ist als in P. Dieser Unterschied erklärt sich nach dem Früheren (pag. 8 u. ff.) aus dem Localeinfluss der etwa 25 m von dem Punkt P entfernten Heizapparate.

Schlussresultat.

Um den Wert der Horizontalintensität für Strassburg zu bekommen, muss man den Wert in P 0.20214 um diesen Betrag vermindern. Also ist die Horizontalintensität des Erdmagnetismus für Strassburg am 1. August 1891:

$$H = 0{,}1997\ cm^{-1/2}.\ g^{1/2}.\ sec^{-1}$$

Am Schluss möchte ich als Bestätigung des vorigen Resultates hier erwähnen, dass Herr Dr. Solander aus Upsala im September 1891 an demselben Punkte des Strassburger physikalischen Instituts die Horizontalintensität sowohl mit dem Bifilarmagnetometer wie mit seinem Lamont'schen

Theodolith gemessen hat. Beide Methoden gaben ihm H = 0.2020 bez. H = 0.2016, wozu die Correction + 0.00013 wegen der damals anwesenden beiden Oefen kommt. Der Wert stimmt mit dem meinigen gut überein.

II. Die Declination.

Zur Bestimmung der absoluten Declination diente der magnetische Theodolith von Meyerstein. Derselbe bestand wesentlich aus einem horizontalen Kreise, welchen man mittelst Nonien bis auf 10″ ablesen konnte, und aus einem stark gedämpften, durchbohrten als Collimator eingerichteten Magnet. In dem Brennpunkt der hier angewandten Objective befand sich ein Mikrometer, dessen Scalenwert mittelst des geteilten Kreises und des Fernrohres gleich 12′.08 gefunden wurde. Dieser Wert stimmte mit dem aus der Messung der Collimatorlänge und des Mikrometers gefundenen Wert gut überein. Vor dem Gebrauch des Instrumentes wurde der Collimationsfehler des Theodoliths elimiminiert, und der Aufhängefaden durch einen dem Magnet ähnlichen Messingstab von Torsion befreit. Der Torsioncoefficient der Aufhängung war 0.0007. Selbst bei einer Torsion von 10^0 würde die Correction deswegen weniger als eine halbe Minute betragen. Zur Bestimmung des Azimutes des geographischen Meridians wurde der Polarstern beobachtet und zwar in der grössten östlichen Ausschreitung Das Instrument wurde in der Mitte des schon erwähnten eisenfreien Platzes aufgestellt und nivelliert. Vor und nach der Einstellung des Fernrohrs auf den Stern wurde das Azimut der magnetischen Axe beobachtet. Das Azimut des Collimators wurde immer mittelst des schon angegebenen Scalenwertes auf den mittleren Strich des Mikrometers bezogen.

Azimut des Collimators vor 10 h 7 m p. m. am 8. August 1891.

Vor der Umlegung . . . . . $5^0\ 25'.7$

Nach der Umlegung . . . . . $5^0\ 38'.1$

Azimut der magnetischen Axe . . . $5^0\ 41'.9$

Azimut des Polarsterns am 8. August um 10 h 7 m[1]: $20^0\ 53',1$

Azimut des Collimators nach 10 h 7 m am gleichen Abend.

Vor der Umlegung . . . . . $5^0\ 26'.0$

Nach der Umlegung . . . . . $5^0\ 58'.1$

Azimut der magnetischen Axe . . . $5^0\ 42'.1$

Mittel der zwei Werte für das Azimut der magnetischen Axe $5^0\ 42',0$

Hiernach bildet der Verticalkreis der grössten Ausschreitung mit dem magnetischen Meridian den Winkel $15^0\ 11,'1$

Ist δ die Declination des Polarsterns und φ die Polhöhe für Strassburg, so berechnet man den Winkel θ welchen der Verticalkreis der grössten Ausschreitung mit der wahren Nordrichtung bildet, aus

$$\sin\theta = \frac{\cos\delta}{\cos\varphi}$$

wo $\delta = 88^0\ 43'\ 27''$, $\varphi = 48^0\ 35'$ zu setzen ist. Also ist $\theta = 1^0\ 55',7$ und daher die wahre magnetische Declination:

$13^0\ 15',4.$

Eine Bestimmung in dem Mittelpunkte des westlich von dem Institut gelegenen Platzes gab einen um 10′ grösseren Wert; aber wegen des schon erwähnten Lokaleinflusses, welcher

---

[1] Die Zeit der grössten Ausschreitung ist wirklich 10 h 17 m aber der Unterschied in der Berechnung der Declination beträgt nur einige Secunden.

hier vorhanden ist, habe ich diese Bestimmung nicht in Betracht gezogen. In dem Nordzimmer des physikalischen Instituts wurde die Declination um 37′ kleiner gefunden, wovon etwa 15′ auf den Lokaleinfluss der benachbarten Oefen kamen (p. 13 u. ff).

III. Die Inclination.

Zur Bestimmung dieser Constante bediente ich mich des Spiegel-Inclinatoriums von Meyerstein, welches auf den mittleren Vorsprung der Alhidade des magnetischen Theodoliths passte und fest geklemmt werden konnte. Da die Methode die gewöhnliche ist, ist über die einfach verlaufenden Beobachtungen nicht viel zu bemerken. Als Beispiel soll nur die Bestimmung, welche am 24. Februar 1891 in der Mitte des freien Platzes, westlich vom Institut, ausgeführt wurde, ausführlich gegeben werden. Das Inclinatorium hatte eine Einrichtung, durch welche man die Inclinationsnadel umlegen konnte, ohne den Kasten zu öffnen, und jede der zwei Nadeln, mit welchen das Instrument versehen war, trug an einer Fläche die in der Tabelle benutzten Bezeichnungen.

Die Zahlen sind die Mittel aus den Ablesungen der beiden Nadelspitzen.

Inclination im Freien am 24. Februar 1891. Nadel I.

Nadelende A Nordpol			Nadelende B Nordpol		
Bezeichnete Nadelfläche nach	Spiegel-Teilung nach	beob.	Bezeichnete Nadelfläche nach	Spiegel-Teilung nach	beob.
Vorne	Ost	154°,52 154, 52 154, 26	Vorne	Ost	153°,35 153, 16 153, 00
	Mittel	154, 43		Mittel	153, 17
	Mittel-90°	64, 43		Mittel-90°	63, 17
	West	25, 22 25, 24 25, 28		West	25, 25 25, 28 25, 35
	Mittel	25, 25			25, 29
	90°-Mittel	64, 75		90°-Mittel	64, 71
Hinten	Ost	134, 15 154, 08 154, 21	Hinten	Ost	153, 47 153, 42 153, 35
	Mittel	154, 15		Mittel	153, 41
	Mittel-90°	64, 15		Mittel-90°	63, 41
	West	25, 25 24, 95 24, 98		West	25, 30 25, 31 26, 51
	Mittel	25, 06		Mittel	25, 37
	90°-Mittel	64, 94		90°-Mittel	64, 63
	Hauptmittel	64°,57		Hauptmittel	63°,98

Hieraus erhalten wir die Inclination

$$I = 64°,28 = 64° 17'.$$

Die Bestimmungen in dem Punkt P in Zimmer Nr. 23 ergaben

7.	Februar:	Nadel	II	$64^0,01$
10.	„	„	I	$64^0,04$
12.	„	„	II	$64^0,02$
14.	„	„	I	$64^0,00$
21.	„	„	I	$63^0,90$
23.	„	„	II	$63^0,98$
25.	„	„	II	$64^0,13$

Mittel $= 64^0,01$

Also ist die Inclination im Punkt P

64° 1′

Diese Werte sind wegen der Lokaleinflüsse an beiden Beobachtungspunkten zu corrigieren. Im freien Felde ist die Horizontalintensität H um 0.0100 H, bezw. um 0.0122 H schwächer als in den genannten Punkten, und die wegen dieser Zunahme corrigierten Inclinationswinkel betragen 64^0 29′, bezw. 64^0 17′. Da es kein Lokalvariometer für die Verticalintensität giebt, habe ich deren Aenderung nicht bestimmen können. Da aber die verticale Tiefe der störenden Eisenmassen im Vergleich zu ihrer horizontalen Ausdehnung gering ist, so ist es sehr wahrscheinlich, dass die von der Abnahme der Verticalintensität herrührende Correction klein ist. Als mittleres Resultat aus den beiden Werten erhalten wir die Inclination für Strassburg für Ende Februar 1891:

$$I = 64^0, 23'.$$

Physik. Institut der Univ. Strassburg, im Juli 1891.

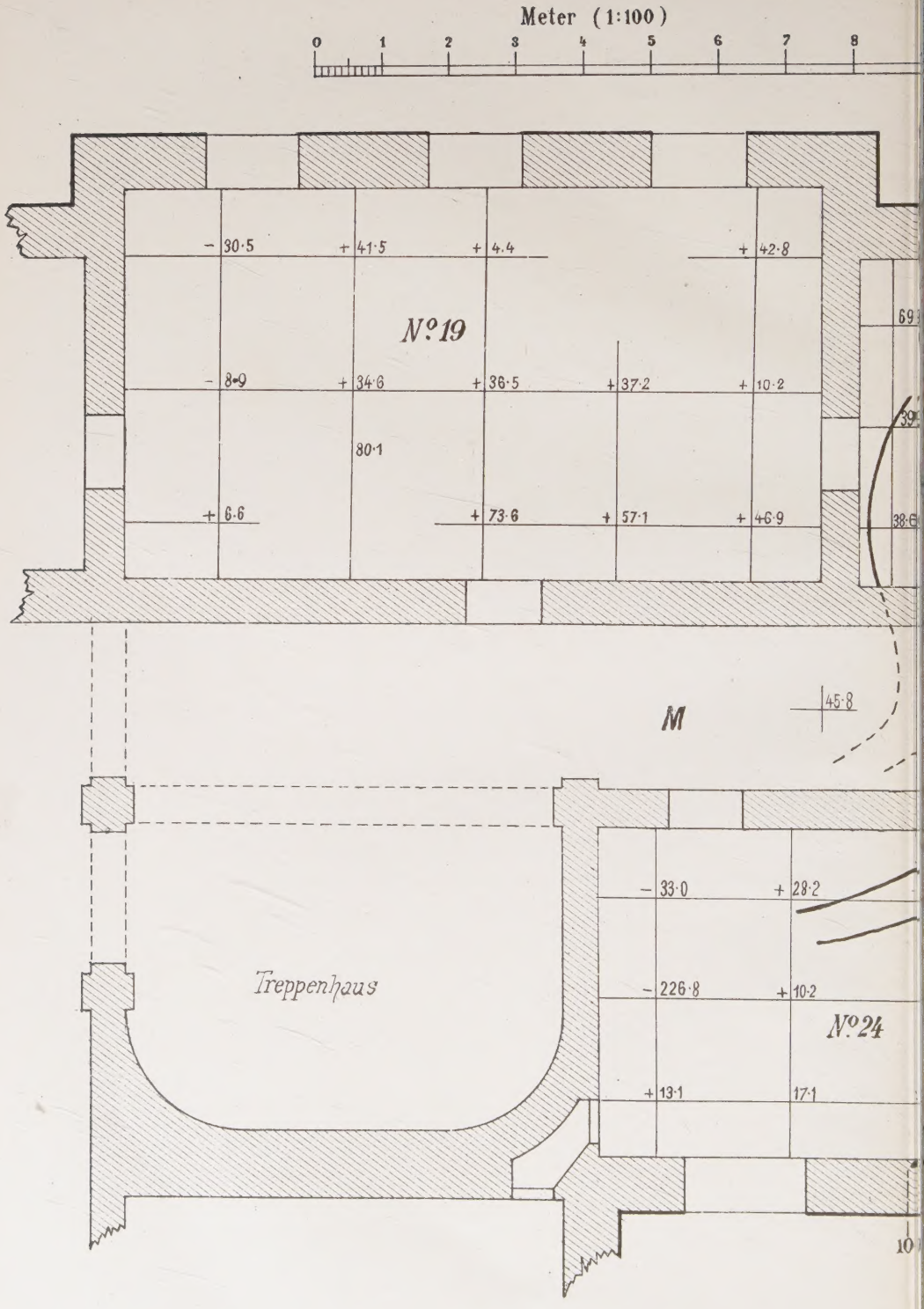
Curriculum Vitae.

Als Sohn des John Brogan am 6. October 1861 zu Killala in Irland geboren, wanderte ich im Jahre 1873 mit meinen Eltern nach Lowell, Mass. Vereinigte Staaten, aus und besuchte daselbst die öffentlichen Lehranstalten. Herbst 1881 bezog ich die Universität Harvard und verliess dieselbe im Jahre 1885 mit dem Grade eines Baccalaureus in Artibus. Im Frühjahr 1886 bezog ich die Universität in Leipzig, um mich dem Studium der Physik zu widmen. Nach Ablauf von einem Semester ging ich auf ein Jahr an die Universität in Berlin, von wo ich die Sorbonne in Paris für die beiden nächsten Semester bezog. Nach vorübergehendem Aufenthalt in Irland zog ich im Sommer 1890 auf die Universität Strassburg, auf welcher ich bis jetzt studierte.

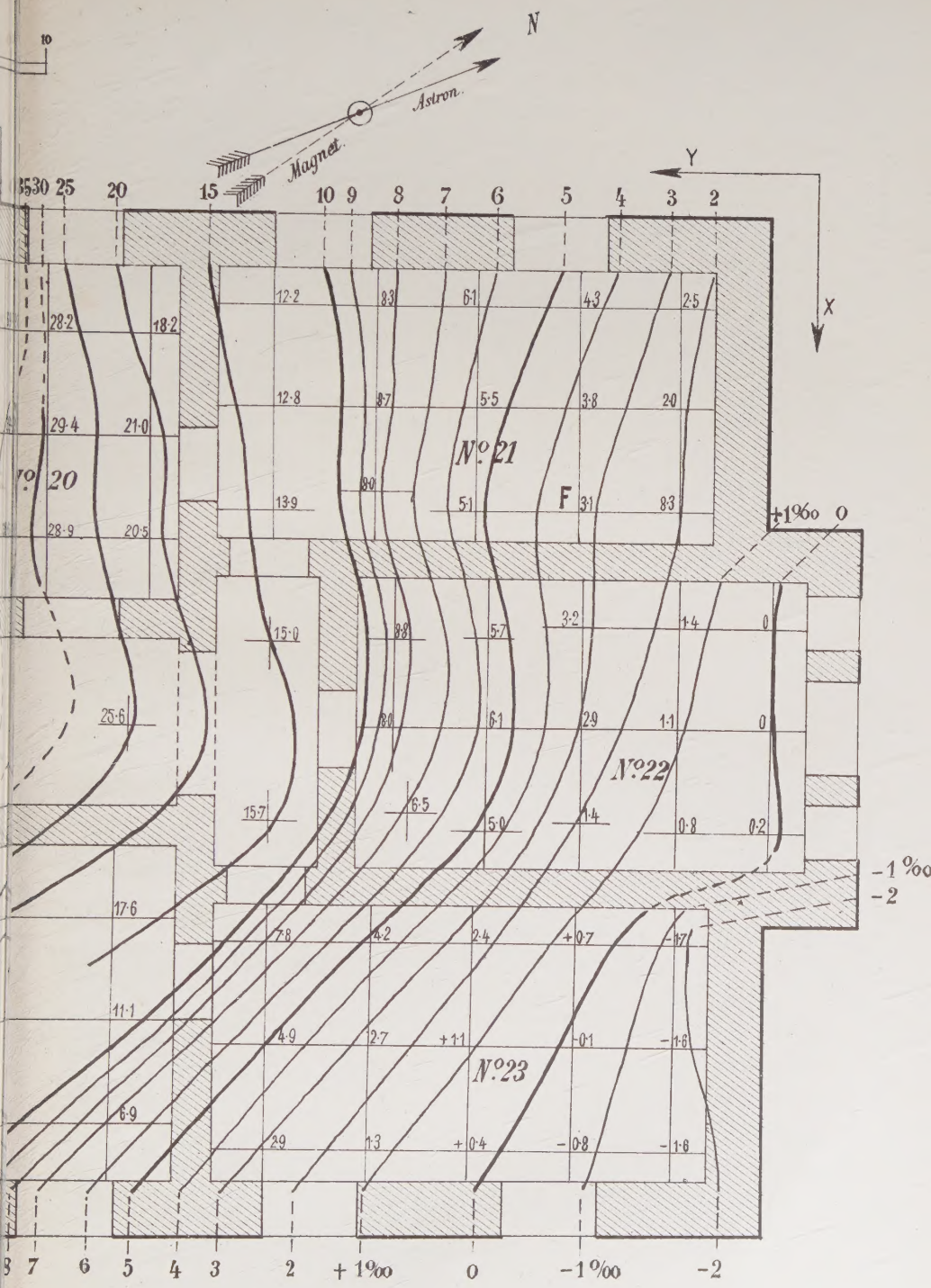
Ich besuchte die Vorlesungen der Herren Trowbridge, Pierce, G. Wiedemann, v. Helmholtz, Pernet, Weinstein, Bouty, Pellat, Christoffel, Reye, Fittig, Kohlrausch, Cohn, Hallwachs und Wiener.

Allen diesen meinen verehrten Herren Lehrern fühle ich mich zu grossem Danke verpflichtet, insbesondere Herrn Professor Dr. F. Kohlrausch, auf dessen Anregung und Unterstützung ich die vorliegende Arbeit ausgeführt habe.

HUGO HEINRICH BROGAN.



Physikalisches Institut Strassburg. Isodynamen der



magnetischen Horizontalintensität im Erdgeschoss.